

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-130882

(43)Date of publication of application : 21.05.1996

(51)Int.Cl.

H02M 7/48

H02P 1/30

H02P 21/00

H02P 7/63

(21)Application number : 06-270750

(71)Applicant : FUJI ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 04.11.1994

(72)Inventor : MATSUMOTO YASUSHI

KAIDA HIDETOSHI

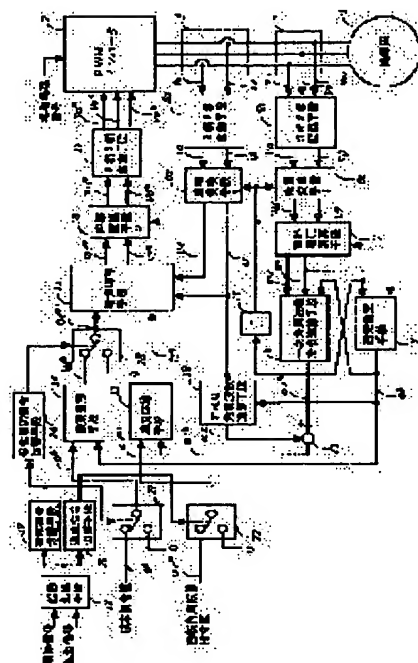
KONO MASASHI

(54) SPEED SENSORLESS VECTOR CONTROL METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a method for positively controlling the activation by controlling the speed sensorless vector of an induction motor or the re-activation when instantaneous power failure recovers.

CONSTITUTION: A selection switch 25 is provided between a magnetic flux adjustment means 14 of a speed sensorless vector controller and a current adjustment means 15, the output of the selection switch 25 is changed in a step signal shape from 0 to a current command value i_m^* by a magnetizing current command switch means 24 used to change over this switch 25 in T1 second later after the output of a magnetic flux command switching means 19 is activated and is supplied to an induction motor 1 including an arbitrary frequency component, thus properly estimating the rotary speed of the induction motor 1.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

05.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

【特許請求の範囲】

【請求項 1】誘導電動機を PWM インバータによって可変速制御すべく、誘導電動機の一次電流および電圧を磁束ベクトルと平行な成分（磁化成分）と、これと直交する成分（トルク成分）とに分離して、それぞれ独立して制御する速度センサレスベクトル制御方法において、PWM インバータを起動する場合、商用電源の瞬時停電が回復して再起動する場合、のいずれか一方若しくは双方の場合に、

PWM インバータから誘導電動機に供給する電流をステップ状に変化させることを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 2】誘導電動機を PWM インバータによって可変速制御すべく、誘導電動機の一次電流および電圧を磁束ベクトルと平行な成分（磁化成分）と、これと直交する成分（トルク成分）とに分離して、それぞれ独立して制御する速度センサレスベクトル制御方法において、PWM インバータを起動する場合、商用電源の瞬時停電が回復して再起動する場合、のいずれか一方若しくは双方の場合に、誘導電動機を可変速制御する PWM インバータの速度センサレスベクトル制御において、磁化電流指令値を零から予め定めた値までステップ状に変化させることを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 3】誘導電動機を PWM インバータによって可変速制御すべく、誘導電動機の一次電流および電圧を磁束ベクトルと平行な成分（磁化成分）と、これと直交する成分（トルク成分）とに分離して、それぞれ独立して制御する速度センサレスベクトル制御方法において、PWM インバータを起動する場合、商用電源の瞬時停電が回復して再起動する場合、のいずれか一方若しくは双方の場合に、PWM インバータから誘導電動機に雑音成分を含んだ電流を供給することを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 4】誘導電動機を PWM インバータによって可変速制御すべく、誘導電動機の一次電流および電圧を磁束ベクトルと平行な成分（磁化成分）と、これと直交する成分（トルク成分）とに分離して、それぞれ独立して制御する速度センサレスベクトル制御方法において、PWM インバータの制御回路内に雑音源を設け、PWM インバータを起動する場合、商用電源の瞬時停電が回復して再起動する場合、のいずれか一方若しくは双方の場合に、前記雑音源から出力される疑似雑音信号を、PWM インバータの制御信号に重畳することを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 5】請求項 4 に記載の速度センサレスベクトル制御方法において、

前記疑似雑音信号を、M 系列の乱数信号とすることを特

徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 6】請求項 4 または請求項 5 に記載の速度センサレスベクトル制御方法において、前記疑似雑音信号を、磁化電流指令値とトルク電流指令値のうち少なくとも一方に重畳させることを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 7】請求項 4 または請求項 5 に記載の速度センサレスベクトル制御方法において、前記疑似雑音信号を、磁化電流検出値とトルク電流検出値のうち少なくとも一方に重畳させることを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 8】請求項 4 または請求項 5 に記載の速度センサレスベクトル制御方法において、前記疑似雑音信号を、回転座標上の電圧指令である磁化軸電圧指令値とトルク軸電圧指令値のうち少なくとも一方に重畳させることを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 9】請求項 4 または請求項 5 に記載の速度センサレスベクトル制御方法において、前記疑似雑音信号を、固定座標上の電圧指令である α 軸電圧指令値と β 軸電圧指令値のうち少なくとも一方に重畳させることを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 10】請求項 4 または請求項 5 に記載の速度センサレスベクトル制御方法において、前記疑似雑音信号を、PWM インバータの各相の電圧指令値に重畳させることを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 11】請求項 4 または請求項 5 に記載の速度センサレスベクトル制御方法において、前記疑似雑音信号を、磁化軸の位相指令値に重畳させることを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 12】請求項 4 または請求項 5 に記載の速度センサレスベクトル制御方法において、前記疑似雑音信号を、一次角周波数指令値に重畳させることを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 13】請求項 4 乃至請求項 12 に記載のセンサレスベクトル制御方法において、PWM インバータの起動開始、あるいは商用電源の瞬時停電が回復して再起動開始から、一次角周波数指令値の絶対値が予め定めた値に達するまでの期間、前記疑似雑音信号を重畳することを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 14】請求項 4 乃至請求項 12 に記載のセンサレスベクトル制御方法において、PWM インバータの起動開始、あるいは商用電源の瞬時停電が回復して再起動開始から、回転速度推定値の絶対値が予め定めた値に達するまでの期間、前記疑似雑音信号を重畳することを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 15】請求項 4 乃至請求項 12 に記載のセンサレスベクトル制御方法において、

PWM インバータの起動開始、あるいは商用電源の瞬時停電が回復して再起動開始から、一次角周波数指令値の変化率が予め定めた値以下になるまでの期間、前記疑似雑音信号を重畳することを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【請求項 16】請求項 4 乃至請求項 12 に記載のセンサレスベクトル制御方法において、

PWM インバータの起動開始、あるいは商用電源の瞬時停電が回復して再起動開始から、回転速度推定値の変化率が予め定めた値以下になるまでの期間、前記疑似雑音信号を重畳することを特徴とする速度センサレスベクトル制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、速度センサを用いることなく誘導電動機（以下、単に誘導機とも称する）を可変速制御する PWM（パルス幅変調）インバータのベクトル制御に関し、特に、該 PWM インバータを起動するとき若しくは商用電源の瞬時停電（以下、単に瞬停とも称する）が回復して再起動するときのベクトル制御方法いわゆる、速度センサレスベクトル制御方法に関する。

【0002】

【従来の技術】図 14 に、従来の制御方法による誘導電動機を可変速制御する PWM インバータの速度センサレスベクトル制御装置のブロック構成図を示す。図 14 において、1 は誘導機、2 は PWM インバータ、3 は電流*

$$e_T = v_T - R_1 i_T - L \sigma (d/dt) i_T - j \omega_1^* L \sigma i_M \cdots (1)$$

【0006】

※ ※ 【数 2】

$$e_M = v_M - R_1 i_M - L \sigma (d/dt) i_M + j \omega_1^* L \sigma i_T \cdots (2)$$

但し、 R_1 は誘導機 1 の一次抵抗、 $L \sigma$ は漏れインダクタンス、 j は虚数単位である。一次角周波数指令演算手段 8 では、以下に示す式 (3) に従って、一次角周波数指令値 ω_1^* を演算している。

【0007】

【数 3】

$$\omega_1^* = (e_T / \phi^*) h_1(S) \cdots \cdots (3)$$

但し、 $h_1(S)$ はフィルタの伝達特性を表している。磁束推定手段 9 では、式 (4) に従って磁束推定値 ϕ^* を演算している。

【0008】

【数 4】

$$\phi^* = (e_T / \omega_1^*) h_2(S) \cdots \cdots (4)$$

但し、 $h_2(S)$ はフィルタの伝達特性を表している。すべり角周波数演算手段 10 では、トルク軸電流成分 i_T 、磁束推定値 ϕ^* からすべり角周波数 ω_s を演算している。

【0009】誘導機 1 の回転角周波数推定値 ω_r^* は、

* 検出手段、4 は電圧検出手段、5 a、5 b は 3 相 2 相変換手段、6 a、6 b は座標変換手段 1、7 は誘起電圧演算手段、8 は一次角周波数指令演算手段、9 は磁束推定手段、10 はすべり角周波数演算手段、11 は一次角周波数指令積分器、12 は減算器、13 は速度調節手段、14 は磁束調節手段、15 は電流調節手段、16 は座標変換手段 2、17 は 2 相 3 相変換手段、18 は起動処理手段、19 は磁束指令切替手段、20 は速度指令切替手段、21、22 は切替スイッチから構成されている。

【0003】図 14 の従来例の制御動作を、以下に説明する。即ち、電流検出手段 3 で検出した誘導機 1 の電流 i_u 、 i_w は、3 相 2 相変換手段 5 a で固定座標軸上の 2 相量 i_α 、 i_β に変換され、符号 6 a の座標変換手段 1 で磁化軸を基準とする回転座標軸上の 2 相量 i_M （磁化軸電流成分）とこれと直交する i_T （トルク軸電流成分）に変換される。

【0004】また、電圧検出手段 4 で検出した PWM インバータ 2 の出力電圧 v_u 、 v_v 、 v_w は、3 相 2 相変換手段 5 b で固定座標軸上の 2 相量 v_α 、 v_β に変換され、符号 6 b の座標変換手段 1 で磁化軸を基準とする回転座標軸上の 2 相量 v_M （磁化軸電圧成分）とこれと直交する v_T （トルク軸電圧成分）に変換される。誘起電圧演算手段 7 では、上記 i_T 、 i_M 、 v_T 、 v_M および一次角周波数指令演算手段 8 で演算した一次角周波数指令値 ω_1^* とを入力とし、下記の式 (1)、式 (2) に従って、誘起電圧の磁化軸成分 e_M トルク軸成分 e_T を演算している。

【0005】

【数 1】

減算器 12 で一次角周波数指令値 ω_1^* からすべり角周波数 ω_s を減算して求めている。速度調節手段 13 では、誘導機 1 の回転角周波数推定値 ω_r^* と切替スイッチ 22 の出力である回転角周波数指令値 ω_r^{**} とにより、誘導機 1 の回転速度の調節を行っている。

【0010】磁束調節手段 14 は、磁束推定手段 9 で演算した磁束推定値 ϕ^* と切替スイッチ 21 の出力である磁束指令値 ϕ^{**} を入力とし、その調節動作の結果として磁化軸電流指令値 i_M^* を出力する。電流調節手段 15 は、磁束調節手段 14 から出力される磁化軸電流指令値 i_M^* 、速度調節手段 13 から出力されるトルク軸電流指令値 i_T^* および符号 6 a の座標変換手段 1 で変換したトルク軸電流成分 i_T 、磁化軸電流成分 i_M を入力とし、各軸の電流の調節動作の結果として磁化軸電圧指令値 v_M^* とトルク軸電圧指令値 v_T^* を出力する。

【0011】この回転座標軸上の電圧指令値 v_M^* および v_T^* を符号 16 の座標変換手段 2 で固定座標軸上の 2 相の電圧指令値 v_α^* 、 v_β^* に変換し、2 相 3 相変

換手段 17 を介して PWM インバータ 2 に 3 相分の電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を出力している。起動処理手段 18、磁束指令切替手段 19、速度指令切替手段 20、切替スイッチ 21、22 の動作の詳細については、図 15 に示す動作タイミングチャートを参照しつつ、以下に説明する。

【0012】起動処理手段 18 は、図示しない商用電源の瞬停の検出手段よりの瞬停信号（図 15（イ））と、外部よりの起動信号（図 15（ロ））とを入力して、PWM インバータ 2 を起動するとき若しくは前記商用電源の瞬停が回復して再起動するときに、磁束指令切替手段 19 および速度指令切替手段 20 に起動処理信号（図 15（ハ））を出力する。

【0013】磁束指令切替手段 19 は、前記起動処理信号が入力され T_ϕ 秒（図 15（ニ））経過してから切替スイッチ 21 により磁束調節手段 14 の磁束指令値 ϕ^* を零から磁束指令値 ϕ^* に切り換える。速度指令切替手段 20 は、前記起動処理信号が入力され T_ω ($T_\omega > T_\phi$) 秒（図 15（ホ））経過してから切替スイッチ 22 により速度調節手段 14 の回転角周波数指令値 ω_r^* を零から回転角周波数指令値 ω_r^* に切り換える。

【0014】PWM インバータ 2 は、前記起動処理信号により運転または停止状態となる。即ち、前記起動信号が無いとき、または商用電源が瞬停中では PWM インバータ 2 が停止状態になっている。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】上述の従来の制御方法による誘導機を可変速制御する PWM インバータの速度センサレスベクトル制御装置では、PWM インバータを起動するとき若しくは商用電源の瞬停が回復して再起動するときに、まず、磁束指令値に基づいて磁化軸電流を流すが、このときの誘導機の回転角周波数と等しい周波数の回転磁界が発生できず、回転角周波数（回転速度）を正しく推定できないために、該 PWM インバータが過負荷になって非常停止をする恐れがあった。

【0016】また、前記再起動時と同様に、機械設備等によっては誘導機が回転している状態で PWM インバータを起動して速度センサレス制御をすることがあり、このときも誘導機の回転角周波数と等しい周波数の回転磁界が発生できず、回転角周波数（回転速度）を正しく推定できないために、該誘導機が直流制動状態になる恐れもあった。

【0017】従って、この発明の課題は、上述の起動もしくは再起動する際に、回転角周波数と等しい周波数の回転磁界を発生させ、回転角周波数（回転速度）を正しく推定し、確実に、PWM インバータが起動もしくは再起動できる速度センサレスベクトル制御方法を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】誘導電動機を PWM インバータによって可変速制御すべく、誘導電動機の一次電流および電圧を磁束ベクトルと平行な成分（磁化成分）と、これと直交する成分（トルク成分）とに分離して、それぞれ独立して制御する速度センサレスベクトル制御方法において、第 1 の発明では、PWM インバータを起動する場合、商用電源の瞬時停電が回復して再起動する場合、のいずれか一方若しくは双方の場合に、PWM インバータから誘導電動機に供給する電流をステップ状に変化させ、第 2 の発明では、PWM インバータを起動する場合、商用電源の瞬時停電が回復して再起動する場合、のいずれか一方若しくは双方の場合に、磁化電流指令値を零から予め定めた値までステップ状に変化させ、第 3 の発明では、PWM インバータを起動する場合、商用電源の瞬時停電が回復して再起動する場合、のいずれか一方若しくは双方の場合に、PWM インバータから誘導電動機に雑音成分を含んだ電流を供給し、第 4 の発明では、PWM インバータの制御回路内に雑音源を設け、PWM インバータを起動する場合、商用電源の瞬時停電が回復して再起動する場合、のいずれか一方若しくは双方の場合に、前記雑音源から出力される疑似雑音信号を、PWM インバータの制御信号に重畳する。

【0019】第 5 の発明では、前記第 4 の発明において、前記疑似雑音信号を、M 系列の乱数信号とする。第 6 の発明では、前記第 4 または第 5 の発明において、前記疑似雑音信号を、磁化電流指令値とトルク電流指令値のうち少なくとも一方に重畳させる。第 7 の発明では、前記第 4 または第 5 の発明において、前記疑似雑音信号を、磁化電流検出値とトルク電流検出値のうち少なくとも一方に重畳させる。

【0020】第 8 の発明では、前記第 4 または第 5 の発明において、前記疑似雑音信号を、回転座標上の電圧指令である磁化軸電圧指令値とトルク軸電圧指令値のうち少なくとも一方に重畳させる。第 9 の発明では、前記第 4 または第 5 の発明において、前記疑似雑音信号を、固定座標上の電圧指令である α 軸電圧指令値と β 軸電圧指令値のうち少なくとも一方に重畳させる。

【0021】第 10 の発明では、前記第 4 または第 5 の発明において、前記疑似雑音信号を、PWM インバータの各相の電圧指令値に重畳させる。第 11 の発明では、前記第 4 または第 5 の発明において、前記疑似雑音信号を、磁化軸の位相指令値に重畳させる。第 12 の発明では、前記第 4 または第 5 の発明において、前記疑似雑音信号を、一次角周波数指令値に重畳させる。

【0022】第 13 の発明では、前記第 4 ないし第 12 の発明において、PWM インバータの起動開始、あるいは商用電源の瞬時停電が回復して再起動開始から、一次角周波数指令値の絶対値が予め定めた値に達するまでの期間、前記疑似雑音信号を重畳する。第 14 の発明では、前記第 4 ないし第 12 の発明において、PWM イン

バータの起動開始、あるいは商用電源の瞬時停電が回復して再起動開始から、回転速度推定値の絶対値が予め定めた値に達するまでの期間、前記疑似雑音信号を重畳する。

【0023】第15の発明では、前記第4ないし第12の発明において、PWMインバータの起動開始、あるいは商用電源の瞬時停電が回復して再起動開始から、一次角周波数指令値の変化率が予め定めた値以下になるまでの期間、前記疑似雑音信号を重畳する。第16の発明では、前記第4ないし第12の発明において、PWMイン*10

$$e_{\alpha} = s \phi_{\alpha} \quad \dots (5-1)$$

$$e_{\beta} = s \phi_{\beta} \quad \dots (5-2)$$

$$0 = -R_2' i_{\alpha} + (s + 1/T_2) \phi_{\alpha} + \omega_r \phi_{\beta} \quad \dots (5-3)$$

$$0 = -R_2' i_{\beta} - \omega_r \phi_{\alpha} + (s + 1/T_2) \phi_{\beta} \quad \dots (5-4)$$

式(5)において、 e_{α} 、 e_{β} は誘起電圧の α 、 β 軸成分、 i_{α} 、 i_{β} は一次側電流の α 、 β 軸成分、 ϕ_{α} 、 ϕ_{β} は磁束の α 、 β 軸成分である。また、 R_2' は二次抵抗の一次側換算値、 T_2 は二次側時定数、 s はラプラス変換の微分演算子である。

※ 【数6】

$$\phi_{\alpha} = \frac{R_2' (s + 1/T_2) i_{\alpha} - \omega_r R_2' i_{\beta}}{(s + 1/T_2)^2 + (\omega_r)^2} \quad \dots (6)$$

【0028】

★ ★ 【数7】

$$\phi_{\beta} = \frac{\omega_r R_2' i_{\alpha} + R_2' (s + 1/T_2) i_{\beta}}{(s + 1/T_2)^2 + (\omega_r)^2} \quad \dots (7)$$

通常運転時では $(1/T_2)^2 \ll (\omega_r)^2$ が成立するので、角周波数 ω_r で回転している誘導機の磁束の共振周波数は ω_r である。即ち、角周波数 ω_r で回転している誘導機に ω_r の周波数成分を含む電流を供給すれば、周波数が ω_r である回転磁界（磁束）を発生させることができる。

30

☆

$$e_d = -\omega_r \phi_q$$

$$e_q = \omega_r \phi_d$$

ベクトル制御では d 軸を磁化軸（ M 軸）に合わせるの
で、各軸の磁束は式(9)、式(10)のとおりとなる。

【0031】

【数9】

$$\phi_r = \phi_q = 0 \quad \dots (9)$$

【0032】

【数10】

$$\phi_m = \phi_d = \phi \quad \dots (10)$$

また、式(8)、式(10)から、式(11)を導くことができる。

【0033】

【数11】

$$e_r = \omega_r \cdot \phi \quad \dots (11)$$

一方、従来例における一次角周波数指令値 ω_1^* は、式(3)のフィルタ項を無視すると、式(12)で表すこ

*バータの起動開始、あるいは商用電源の瞬時停電が回復して再起動開始から、回転速度推定値の変化率が予め定めた値以下になるまでの期間、前記疑似雑音信号を重畳する。

【0024】

【作用】角周波数 ω_r で回転している誘導機の基礎方程式は、固定座標軸（ α 、 β 軸）上で表現すると、式(5)で表される。

【0025】

【数5】

※ 【0026】式(5)をブロック図化すると、図16に示すようになる。図16より、 ϕ_{α} 、 ϕ_{β} は、それぞれ式(6)、式(7)で表すことができる。

【0027】

【数6】

☆ 【0029】周波数が ω_r である回転磁界が発生したとき、 ω_r で回転する回転座標軸（ d 、 q 軸）上における誘起電圧（ e_d 、 e_q ）と回転磁界（磁束 ϕ_d 、 ϕ_q ）には式(8)の関係がある。

【0030】

【数8】

$$\dots (8-1)$$

$$\dots (8-2)$$

とができる。

【0034】

【数12】

$$\omega_1^* = e_r / \phi^* \quad \dots (12)$$

式(12)において、 ϕ^* は磁束推定手段で推定した磁束推定値、 e_r は誘起電圧演算手段で演算した誘起電圧トルク軸成分である。即ち、先述のPWMインバータの起動若しくは再起動時に、回転している誘導機の角周波数 ω_r と等しい周波数成分を含む電流を誘導機に供給して回転磁界（磁束）と誘起電圧を発生させれば、従来例どおりに一次角周波数指令値 ω_1^* を演算して磁化電流を供給することで誘導機の回転角周波数と等しい周波数の回転磁界（磁束）および誘起電圧の発生を継続させることができる。そして、このときの一次角周波数指令値 ω_1^* は誘導機の回転角周波数 ω_r に等しくなっている
ので、一次角周波数指令値 ω_1^* から回転速度を正しく

推定できる。

【0035】以下に、この発明の具体的な作用について説明する。第1の発明においては、PWMインバータから誘導機に供給する電流をステップ状に変化させている。ここで、ステップ信号をラプラス変換すると、式(13)のとおりとなる。また、式(13)より式(14)が容易に導出できる。

【0036】

【数13】

$$F(s) = 1/s \quad \dots\dots (13)$$

【0037】

【数14】

$$|F(\omega)| = 1/\omega \quad \dots\dots (14)$$

式(14)は、ステップ信号には、周波数成分の大きさは高周波になるにつれて減衰する、任意の周波数成分を有していることを示している。即ち、起動もしくは再起動時にPWMインバータの電流をステップ状に変化させることで、任意周波数成分を含む電流を誘導機に供給して、該誘導機の回転角周波数と等しい回転磁界と誘起電圧を発生させ、誘導機の回転速度を正しく推定することにより、確実にPWMインバータが起動もしくは再起動をする。

【0038】第2の発明においては、起動もしくは再起動時に磁化電流指令値をステップ状に変化させることにより、誘導機に供給する電流をステップ状に変化させることができ、前述の第1の発明の作用が得られる。第3の発明においては、PWMインバータの出力電流に含まれる雑音成分は、不規則な時間間隔で発生する成分である。従って、この雑音成分には、低周波領域から高周波領域にいたるまで様々な周波数成分が含まれている。

【0039】すなわち、起動もしくは再起動時にPWMインバータの電流に雑音成分を含ませることで、任意の周波数成分を含む電流を誘導機に供給することができ、誘導機の回転角周波数と等しい回転磁界と誘起電圧を発生させ、誘導機の回転速度を正しく推定することにより、確実にPWMインバータが起動もしくは再起動をする。

【0040】第4の発明においては、PWMインバータの制御回路内に疑似雑音信号を発生させる雑音源を設け、この疑似雑音信号を該制御回路内の制御信号に重畳させて該PWMインバータの出力電流に雑音成分を含ませることで、前述の第3の発明の作用が得られる。第5の発明では、前記第4の発明において、前記疑似雑音信号をM系列の乱数信号とする。このM系列については、例えば「計測と制御」、第20巻、2号、pp. 42～50(昭. 56)に説明されている。すなわちM系列の乱数信号は、簡単な規則によって作られる信号であり、発生手段も容易である。しかも、不規則な時間間隔で発生する信号である。

【0041】第6の発明では、前記第4または第5の発

明において、前記疑似雑音信号を磁化電流指令値とトルク電流指令値のうち少なくとも一方に重畳させることで、誘導機に供給する電流に雑音成分が含まれ、前記第3の発明の作用が得られる。第7の発明では、前記第4または第5の発明において、前記疑似雑音信号を磁化電流検出値とトルク電流検出値のうち少なくとも一方に重畳させることで、誘導機に供給する電流に雑音成分が含まれ、前記第3の発明の作用が得られる。

【0042】第8の発明では、前記第4または第5の発明において、前記疑似雑音信号を回転座標上の電圧指令である磁化電圧指令値とトルク軸電圧指令値のうち少なくとも一方に重畳させることで、誘導機に供給する電流に雑音成分が含まれ、前記第3の発明の作用が得られる。第9の発明では、前記第4または第5の発明において、前記疑似雑音信号を固定座標上の電圧指令である α 軸電圧指令値と β 軸成分電圧指令値のうち少なくとも一方に重畳させることで、誘導機に供給する電流に雑音成分が含まれ、前記第3の発明の作用が得られる。

【0043】第10の発明では、前記第4または第5の発明において、前記疑似雑音信号をPWMインバータへの各相の電圧指令値に重畳させることで、誘導機に供給する電流に雑音成分が含まれ、前記第3の発明の作用が得られる。第11の発明では、前記第4または第5の発明において、前記疑似雑音信号を磁化軸の位相指令値に重畳させることで、誘導機に供給する電流に雑音成分が含まれ、前記第3の発明の作用が得られる。

【0044】第12の発明では、前記第4または第5の発明において、前記疑似雑音信号を一次角周波数指令値に重畳させることで、誘導機に供給する電流に雑音成分が含まれ、前記第3の発明の作用が得られる。第13の発明においては、起動もしくは再起動時の一次角周波数指令値の初期値は零、つまり誘導機の回転速度の推定値の初期値は零である。そして、電流に雑音成分を含ませることで誘導機の角周波数と等しい回転磁界(磁束)と誘起電圧が発生でき、演算した一次角周波数指令値は、誘導機の回転角周波数と等しくなる。

【0045】従って、一次角周波数指令値推定値は、零か誘導機の回転角周波数のいずれかの値となる。即ち、前記第4ないし第12の発明における疑似雑音信号を重畳する期間を一次角周波数指令値の絶対値が予め定めた値に達するまでの期間とすることで、誘導機のベクトル制御にとって不必要な疑似雑音信号を重畳する期間、即ち、疑似雑音信号の重畳によって発生するトルク電流の不要な成分を出力する期間を必要最小限に抑えられる。

【0046】第14の発明においては、起動もしくは再起動時の一次角周波数指令値の初期値は零、つまり誘導機の回転速度の推定値の初期値は零である。そして、電流に雑音成分を含ませることで誘導機の角周波数と等しい回転磁界(磁束)と誘起電圧が発生でき、演算した一次角周波数指令値は、誘導機の回転角周波数と等しくな

る。

【0047】従って、回転角周波数の推定値は、零か誘導機の回転角周波数のいずれかの値となる。即ち、前記第4ないし第12の発明における疑似雑音信号を重畳する期間を回転角周波数（回転速度）の推定値の絶対値が予め定めた値に達するまでの期間とすることで、誘導機のベクトル制御にとって不必要な疑似雑音信号を重畳する期間、即ち、疑似雑音信号の重畳によって発生するトルク電流の不要な成分を出力する期間を必要最小限に抑えられる。

【0048】第15の発明においては、前記第4ないし第12の発明における疑似雑音信号を重畳する期間を、PWMインバータの起動開始、あるいは商用電源の瞬時停電が回復して再起動開始から、一次周波数指令値の変化率が予め定めた値に達するまでとすることで、前記第13の発明と同じ作用が得られる。第16の発明においては、前記第4ないし第12の発明における疑似雑音信号を重畳する期間を、PWMインバータの起動開始、あるいは商用電源の瞬時停電が回復して再起動開始から、回転速度推定値の絶対値が予め定めた値に達するまでとすることで、前記第14の発明と同じ作用が得られる。

【0049】

【実施例】以下に記載するこの発明の実施例において、図14の従来例と同一機能を有するものには同一符号を付して説明を省略し、図14と異なる機能のものを中心に説明する。図1は、この発明の制御方法による第1の実施例を示すPWMインバータの速度センサレスベクトル制御装置のブロック構成図である。

【0050】図1においては、磁束調節手段14と電流調節手段15との間に切替スイッチ25を設け、この切替スイッチ25を切り替えるために磁化電流指令切替手段24を設けている。磁化電流指令切替手段24の動作を、図2に示す動作タイミングチャートを参照しつつ、以下に説明する。

【0051】即ち、磁束指令切替手段19の動作出力（図2（イ））が磁化電流切替手段24に入力されると、磁化電流切替手段24は、 T_1 秒（図2（ロ））経過してから切替スイッチ25により電流調節手段15の電流指令値 i_m^* を零から i_m^* に切り換えることで（図2（ハ））、起動もしくは再起動時にPWMインバータ2の電流をステップ状に変化させ、任意の周波数成分を含む電流を誘導機1に供給する。

【0052】図3は、この発明の制御方法による第2の実施例を示すPWMインバータの速度センサレスベクトル制御装置のブロック構成図である。図3においては、単パルス発生手段27と符号28の疑似雑音信号発生手段1とを設け、さらに、符号28の疑似雑音信号発生手段1の出力信号を磁化電流指令値 i_m^* とトルク電流指令値 i_r^* とに加算するための加算器29a、29bを設けている。

【0053】単パルス発生手段27と符号28の疑似雑音信号発生手段1の動作を、図4に示す動作タイミングチャートを参照しつつ、以下に説明する。即ち、磁束指令切替手段19の動作出力（図4（イ））が単パルス発生手段27に入力されると、単パルス発生手段27はパルス幅 T_2 秒（図4（ロ））の信号を発生し、この T_2 秒間、符号28の疑似雑音信号発生手段1は疑似雑音信号（図4（ハ））を出力し、加算器29a、29bにより磁化電流指令値 i_m^* とトルク電流指令値 i_r^* とにそれぞれ加算することで、起動もしくは再起動時にPWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができ、任意の周波数成分を含む電流を誘導機1に供給する。尚、図3に示した実施例では、前記疑似雑音信号を磁化電流指令値 i_m^* とトルク電流指令値 i_r^* とにそれぞれ加算しているが、いずれか一方のみに該疑似雑音信号を加算しても、PWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができる。

【0054】図5は、この発明の制御方法による第3の実施例を示すPWMインバータの速度センサレスベクトル制御装置のブロック構成図である。図5においては、磁束指令切替手段19の出力と回転角周波数推定値 ω_r^* とを入力とする符号30の疑似雑音信号発生手段2を設けている。符号30の疑似雑音信号発生手段2は、磁束指令切替手段19が動作して、回転角周波数推定値 ω_r^* の絶対値が一定値以上になるまで疑似雑音信号を出力し、加算器29a、29bにより磁化電流指令値 i_m^* とトルク電流指令値 i_r^* とにそれぞれ加算することで、起動もしくは再起動時に誘導機1の回転速度が正しく推定できるまで、PWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができ、任意の周波数成分を含む電流を誘導機1に供給することができる。尚、図5に示した実施例では、前記疑似雑音信号を磁化電流指令値 i_m^* とトルク電流指令値 i_r^* とにそれぞれ加算しているが、いずれか一方のみに該疑似雑音信号を加算しても、PWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができる。

【0055】また、図5に示した実施例では、符号30の疑似雑音信号発生手段2に回転角周波数推定値 ω_r^* を入力しているが、回転角周波数推定値 ω_r^* の代わりに一次角周波数指令値 ω_1^* あるいは回転角周波数推定値 ω_r^* を誘導機1の極対数で除算することで求まる回転速度推定値を入力してもよい。図6は、この発明の制御方法による第4の実施例を示すPWMインバータの速度センサレスベクトル制御装置のブロック構成図である。

【0056】図6においては、図5に示した第3の実施例の符号30の疑似雑音信号発生手段2の代わりに符号31の疑似雑音信号発生手段3を設けている。符号31の疑似雑音信号発生手段3は、磁束指令切替手段19の出力が変化してから、回転角周波数推定値 ω_r^* の一定

時間内の変化量が一定値以下になるまで疑似雑音信号を出力するものであり、加算器29a、29bにより磁化電流指令値 i_m^* とトルク電流指令値 i_T^* とにそれぞれ加算することで、起動若しくは再起動時に誘導機1の回転速度が正しく推定できるまで、PWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませる。尚、図6に示した実施例では、前記疑似雑音信号を磁化電流指令値 i_m^* とトルク電流指令値 i_T^* とにそれぞれ加算しているが、いずれか一方のみに該疑似雑音信号を加算しても、PWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができる。

【0057】また、図6に示した実施例では、符号31の疑似雑音信号発生手段3に回転角周波数推定値 ω_r^* を入力しているが、回転角周波数推定値 ω_r^* の代わりに一次角周波数指令値 ω_1^* あるいは回転角周波数推定値 ω_r^* を誘導機1の極対数で除算することで求まる回転速度推定値を入力してもよい。図7は、この発明の制御方法による第5の実施例を示すPWMインバータの速度センサレスベクトル制御装置のブロック構成図である。

【0058】図7においては、図6に示した第4の実施例の符号31の疑似雑音信号発生手段3の代わりにM系列乱数信号発生手段32を設けたこと以外は、第4の実施例と同じであるので、この実施例の動作の説明は、ここでは省略する。図8は、この発明の制御方法による第6の実施例を示すPWMインバータの速度センサレスベクトル制御装置のブロック構成図である。

【0059】図8においては、図3に示した第2の実施例の符号28の疑似雑音信号発生手段1の出力信号を磁化電流指令値 i_m^* とトルク電流指令値 i_T^* とに加算する代わりに、加算器33a、33bにより磁化電流検出値 i_m とトルク電流検出値 i_T とに加算することで、起動もしくは再起動時にPWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができ、任意の周波数成分を含む電流を誘導機1に供給する。尚、図8に示した実施例では、前記疑似雑音信号を磁化電流検出値 i_m とトルク電流検出値 i_T とにそれぞれ加算しているが、いずれか一方のみに該疑似雑音信号を加算しても、PWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができる。

【0060】図9は、この発明の制御方法による第7の実施例を示すPWMインバータの速度センサレスベクトル制御装置のブロック構成図である。図9においては、図3に示した第2の実施例の符号28の疑似雑音信号発生手段1の出力信号を磁化電流指令値 i_m^* とトルク電流指令値 i_T^* とに加算する代わりに、加算器34a、34bにより磁化軸電圧指令値 v_m^* とトルク軸電圧指令値 v_T^* とに加算することで、起動もしくは再起動時にPWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができ、任意の周波数成分を含む電流を誘導機1に供給する。尚、図9に示した実施例では、疑似雑音信号を磁化軸電圧指令値 v_m^* とトルク軸電圧指令値 v_T^* とに

それぞれ加算しているが、いずれか一方のみに該疑似雑音信号を加算しても、PWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができる。

【0061】図10は、この発明の制御方法による第8の実施例を示すPWMインバータの速度センサレスベクトル制御装置のブロック構成図である。図10においては、図3に示した第2の実施例の符号28の疑似雑音信号発生手段1の出力信号を磁化電流指令値 i_m^* とトルク電流指令値 i_T^* とに加算する代わりに、加算器35a、35bにより固定座標上の2相の電圧指令値 v_{α^*} 、 v_{β^*} に加算することで、起動もしくは再起動時にPWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができ、任意の周波数成分を含む電流を誘導機1に供給する。尚、図9に示した実施例では、疑似雑音信号を $v_{\beta s^*}$ 、 $v_{\alpha s^*}$ の双方に加算しているが、いずれか一方のみに該疑似雑音信号を加算しても、PWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができる。

【0062】図11は、この発明の制御方法による第9の実施例を示すPWMインバータの速度センサレスベクトル制御装置のブロック構成図である。図11においては、図3に示した第2の実施例の符号28の疑似雑音信号発生手段1の出力信号を磁化電流指令値 i_m^* とトルク電流指令値 i_T^* とに加算する代わりに、加算器36a、36b、36cにより3相の電圧指令値 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* に加算することで、起動もしくは再起動時にPWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができ、任意の周波数成分を含む電流を誘導機1に供給する。

【0063】図12は、この発明の制御方法による第10の実施例を示すPWMインバータの速度センサレスベクトル制御装置のブロック構成図である。図12においては、図3に示した第2の実施例の符号28の疑似雑音信号発生手段1の出力信号を磁化電流指令値 i_m^* とトルク電流指令値 i_T^* とに加算する代わりに、加算器37により磁化軸位相指令値 θ^* に加算することで、起動もしくは再起動時にPWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができ、任意の周波数成分を含む電流を誘導機1に供給する。

【0064】図13は、この発明の制御方法による第11の実施例を示すPWMインバータの速度センサレスベクトル制御装置のブロック構成図である。図13においては、図3に示した第2の実施例の符号28の疑似雑音信号発生手段1の出力信号を磁化電流指令値 i_m^* とトルク電流指令値 i_T^* とに加算する代わりに、加算器38により一次角周波数指令値 ω_1^* に加算することで、起動もしくは再起動時にPWMインバータ2の電流に雑音成分を含ませることができ、任意の周波数成分を含む電流を誘導機1に供給する。

【0065】以上に説明したこの発明のそれぞれの実施例において、速度調節手段13に回転角周波数指令値 ω

ω_r^* と回転角速度推定値 ω_r^* とを入力しているが、前記それぞれの値を誘導機 1 の極対数で除算した回転速度指令値と回転速度推定値とを入力としてもよい。また、3 相 2 相変換手段 5 b に電圧検出手段 4 で検出した電圧 v_u 、 v_v 、 v_w を入力しているが、2 相 3 相変換手段 17 の出力 v_u^* 、 v_v^* 、 v_w^* を入力してもよい。

【0066】また、これまで説明した実施例は、単独で用いることに限定されるものではなく、複数の実施例を組み合わせ使用することが可能である。

【0067】

【発明の効果】この発明によれば、PWMインバータの起動もしくは再起動時に、任意の周波数成分を含む電流を誘導機に供給することにより、該誘導機の回転角周波数と等しい回転磁界と誘起電圧を発生させ、該誘導機の回転速度を正しくかつ確実に推定することが可能となるので、速度センサを用いなくても該 PWM インバータが非常停止をする恐れや、該誘導機に直流制動がかかる恐れがなくなり、確実に PWM インバータが起動もしくは再起動をするので、好適な誘導機の数値センサレスベクトル制御が行える。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明の第 1 の実施例を示すブロック構成図

【図 2】この発明の第 1 の実施例の動作を説明するためのタイミングチャート

【図 3】この発明の第 2 の実施例を示すブロック構成図

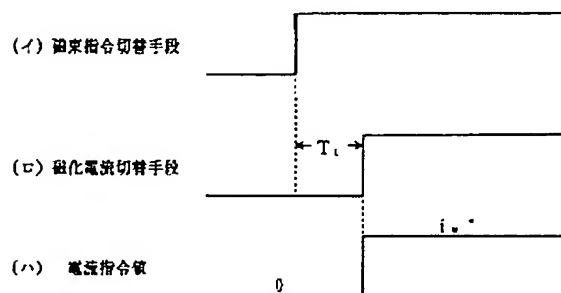
【図 4】この発明の第 2 の実施例の動作を説明するためのタイミングチャート

【図 5】この発明の第 3 の実施例を示すブロック構成図

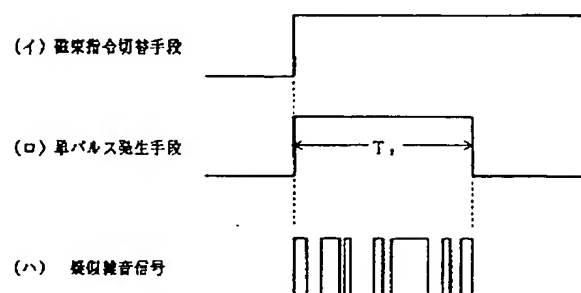
【図 6】この発明の第 4 の実施例を示すブロック構成図

【図 7】この発明の第 5 の実施例を示すブロック構成図 30

【図 2】

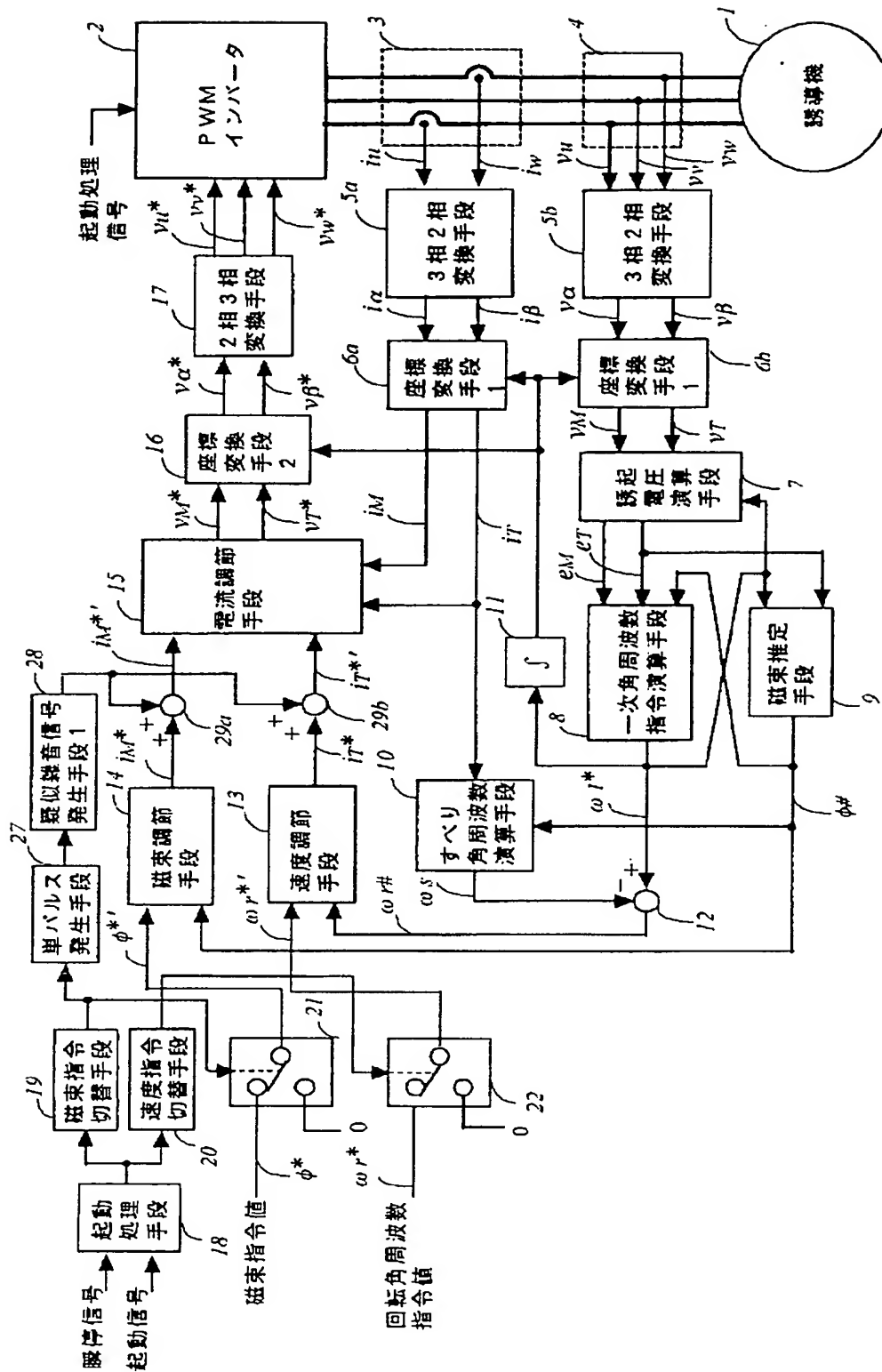


【図 4】

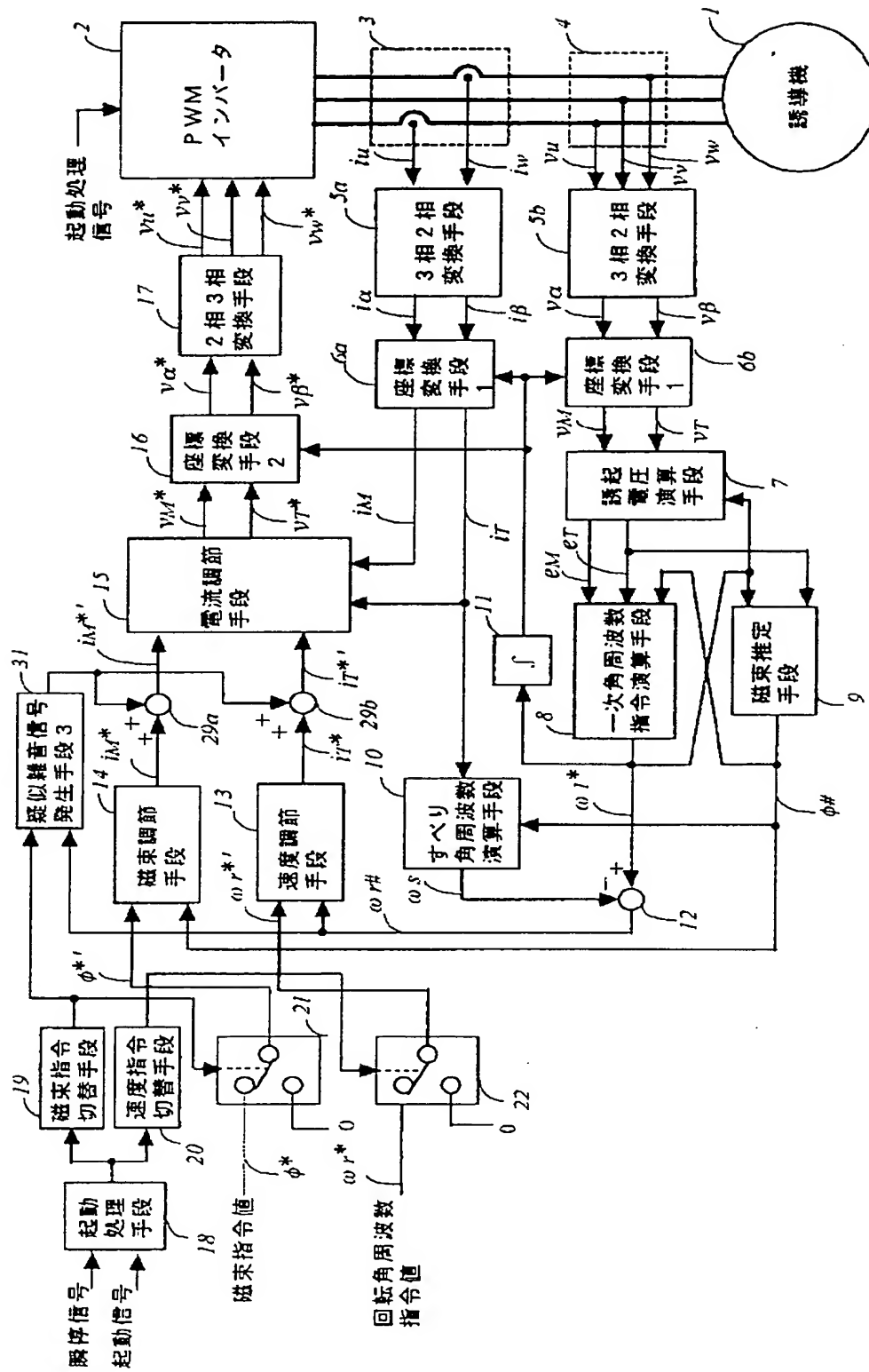


[illegible]

【図3】



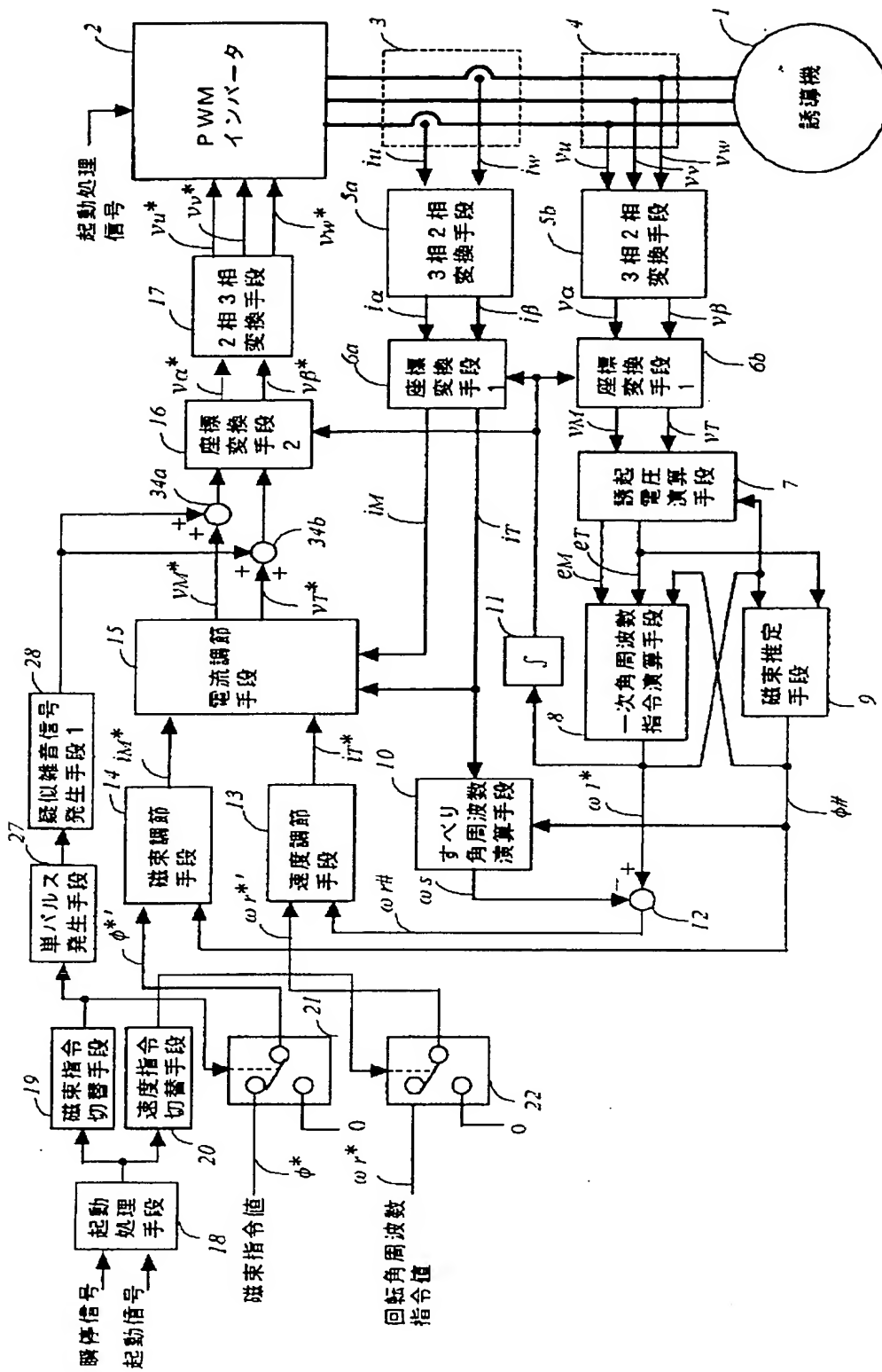
【図 6】



[illegible]

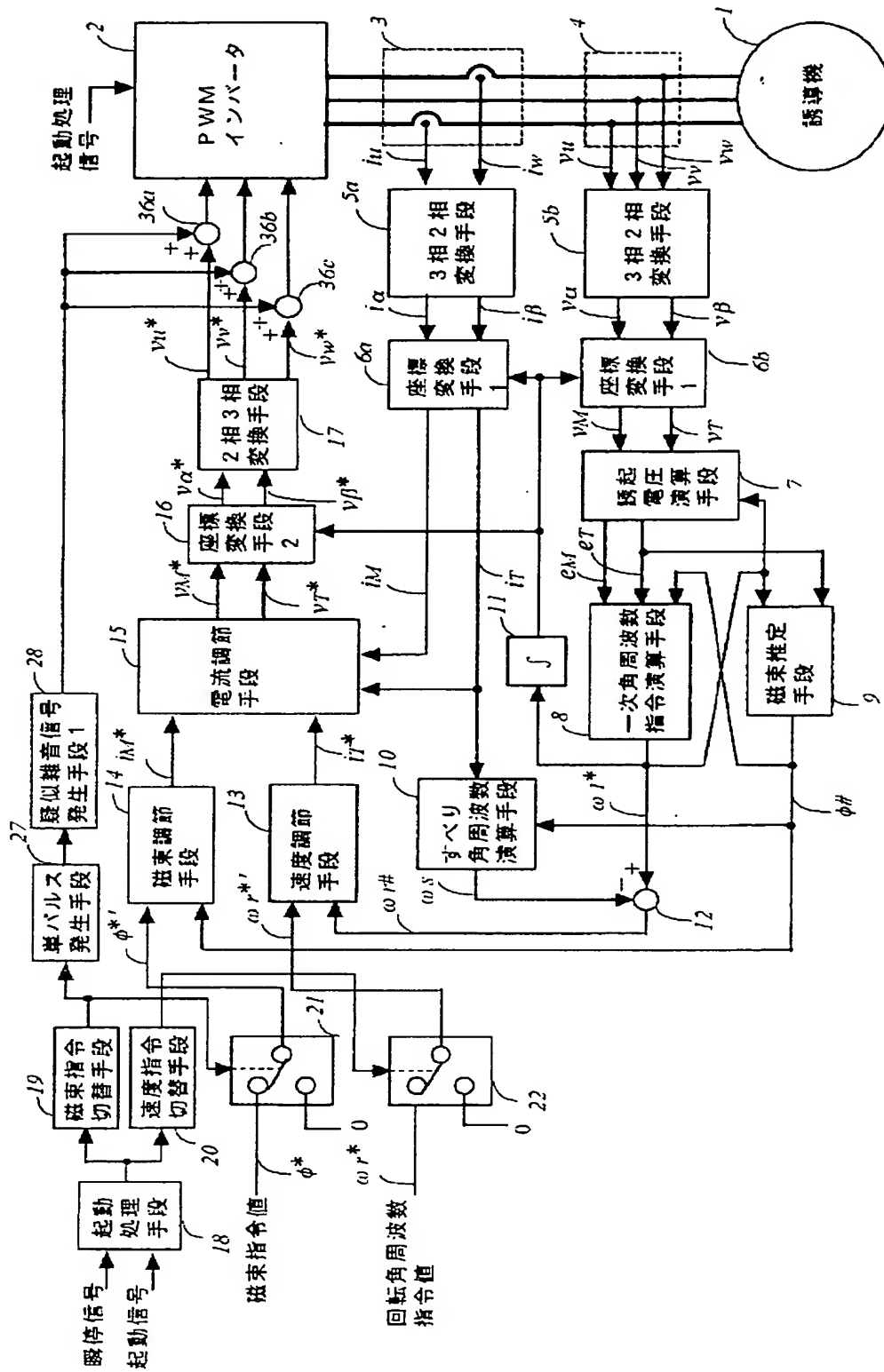
[illegible]

【圖 9】



[illegible]

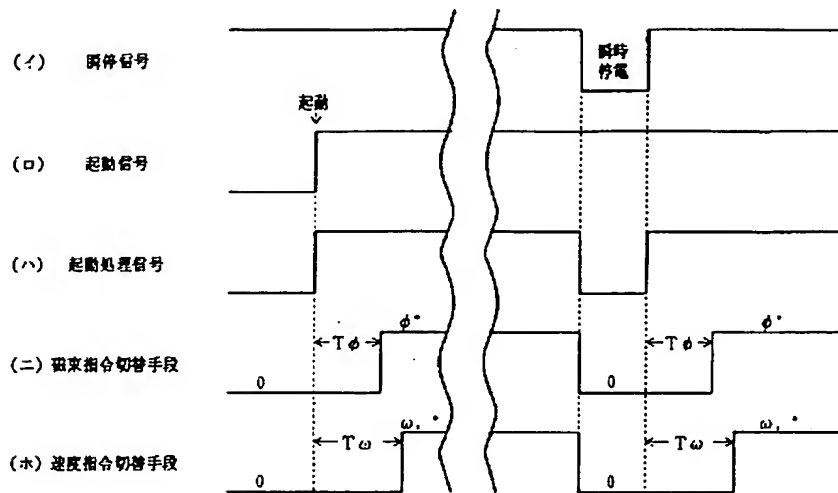
【図 1 1】



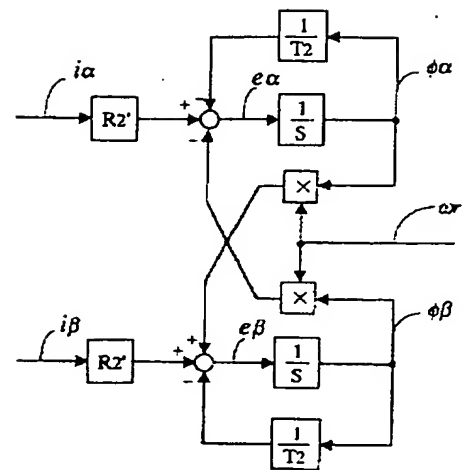
[illegible]

[illegible]

【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. °

H 0 2 P 7/63

識別記号

3 0 2 H

庁内整理番号

F I

技術表示箇所